

Cacaoboter

Eén van de hoofdbestanddelen van chocolade is cacaoboter.

Cacaoboter is een mengsel van voornamelijk vetten. Welke vetzuurresten voornamelijk in deze vetten voorkomen, is achterhaald met behulp van een methode waarbij de tri-esters eerst werden gehydrolyseerd en de daarbij verkregen vetzuren werden omgezet tot de overeenkomstige methylesters.

- 3p 9 Geef de vergelijking voor de reactie waarbij onder andere uit oliezuur de methylester van oliezuur wordt gevormd. Gebruik structuurformules. De koolwaterstofrest van oliezuur mag worden weergegeven als $C_{17}H_{33}$.

Uit onderzoek is gebleken dat in de meeste vetten van cacaoboter glycerol op positie 2 is veresterd met oliezuur. Verder is glycerol vooral met palmitinezuur en/of stearinezuur veresterd.

Deze vetten worden als volgt schematisch aangeduid: P - O - P, P - O - S en S - O - S. Hierin staat P voor palmitinezuur, O voor oliezuur en S voor stearinezuur; de middelste letter geeft het vetzuur op positie 2 weer.

Aangezien de beschikbare hoeveelheid cacaoboter niet toereikend is om aan de vraag naar chocolade te voldoen, wordt voor bepaalde chocoladeproducten gebruik gemaakt van andere grondstoffen. De vetzuursamenstelling van die andere grondstoffen is anders dan die van cacaoboter. Men kan vetten uit die andere grondstoffen op twee manieren omzetten tot vetten die wel in cacaoboter voorkomen.

De eerste manier wordt aangeduid als 'partiële hydrogenering'. Hierbij laat men een vet reageren met waterstof. Een voorbeeld is het vet P - O - L (L staat voor linolzuur) uit palmolie. Door additie van waterstof kan dit vet worden omgezet tot P - O - S.

- 3p 10 Bereken hoeveel dm^3 waterstof ($T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$) minstens nodig is om 1,0 kg van het vet P - O - L om te zetten tot het vet P - O - S. De massa van één mol van het vet P - O - L bedraagt 857 g.

De tweede manier is een zogenoemde om-estering: het vervangen van de ene vetzuurrest door een andere. Bij dit proces maakt men gebruik van het enzym lipase. Dit enzym katalyseert de hydrolyse van vetzuren die zijn veresterd op de posities 1 en 3 van een vet. Lipase katalyseert ook de omgekeerde reactie: de verestering van vetzuren aan de posities 1 en 3 van glycerol.

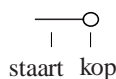
Door bijvoorbeeld het vet P - O - O te mengen met stearinezuur en lipase kan onder andere het vet P - O - S worden verkregen.

In dit reactiemengsel ontstaan ook andere vetten.

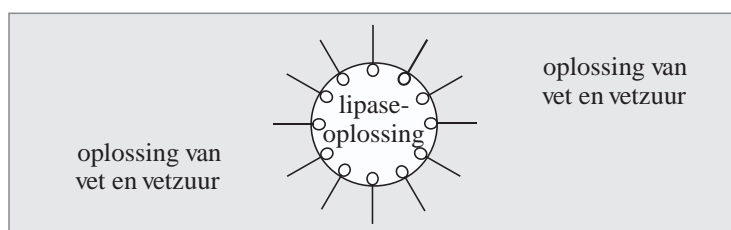
- 3p 11 Geef de schematische aanduiding van vier andere vetten, geen stereo-isomeren, die in dit reactiemengsel kunnen voorkomen.

Het organische oplosmiddel waarin het vet en het stearinezuur worden opgelost, mengt niet met het water waarin het lipase wordt opgelost. Om een goede menging voor de om-esteringsreactie te krijgen, wordt daarom een zeepachtige stof (emulgator) toegevoegd.

Moleculen van een emulgator worden vaak schematisch als volgt weergegeven:



Door toevoeging van de emulgator worden zogenoemde micellen gevormd: druppeltjes van de lipase-oplossing die zweven in de oplossing van vet en vetzuur, met emulgatormoleculen op het grensvlak van de lipase-oplossing en de oplossing van vet en vetzuur. Dit kan als volgt worden weergegeven:



De om-esteringsreactie vindt plaats op het grensvlak van de twee oplossingen. De snelheid van de om-estering is afhankelijk van de grootte van de micellen. Om na te gaan hoe de reactiesnelheid afhangt van de micelgrootte werden, bij dezelfde temperatuur, twee proeven, proef 1 en proef 2, uitgevoerd. Aan het begin van beide proeven waren de hoeveelheden emulgator, lipase-oplossing, vetoplossing en stearinezuur gelijk. Het enige verschil was dat de micellen in proef 1 kleiner waren dan in proef 2.

2p **12** Leg uit in welke proef de reactiesnelheid het grootst was.

Wanneer men het om-esteringsproces op grote schaal industrieel wil toepassen, zal men er bij de uitvoering van het proces voor willen zorgen dat het lipase kan worden hergebruikt.

1p **13** Geef aan waarom het lipase zou kunnen worden hergebruikt.

Om het lipase te kunnen hergebruiken, moet het worden teruggewonnen. Wanneer het lipase is opgelost, is dit niet makkelijk uitvoerbaar. Daarom gebruikt men in het industriële proces lipase dat is gebonden aan zeer kleine vaste bolletjes, de zogenoemde vaste drager. Deze vaste bolletjes met lipase vormen geen oplossing met water, maar blijven daarin zweven: een suspensie dus. Met de emulgator vormen druppeltjes van deze suspensie eveneens micellen.

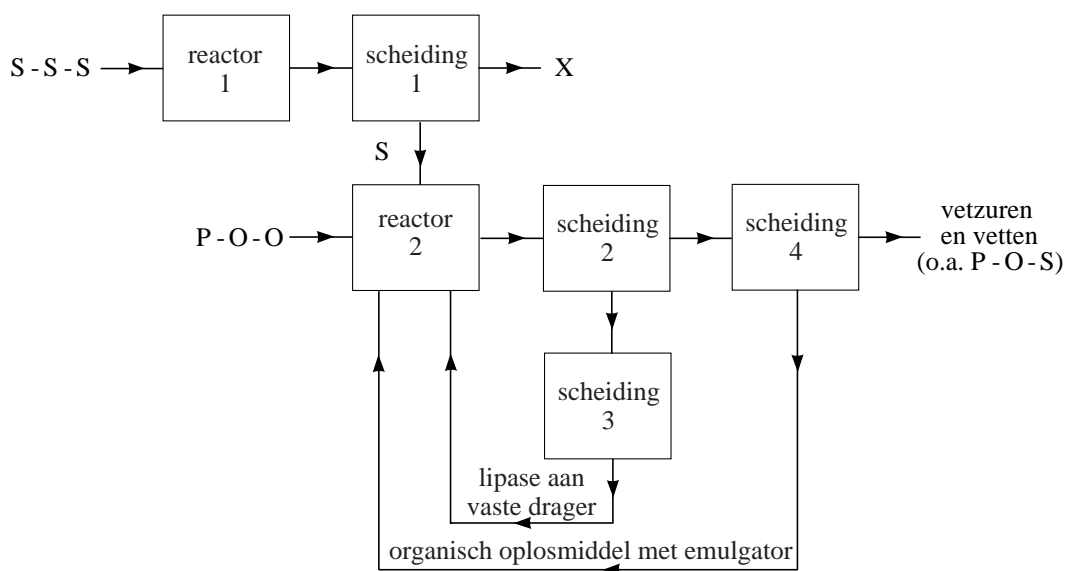
Het voordeel van het gebruik van lipase dat is gebonden aan een vaste drager is dat op deze wijze het lipase door middel van filtratie gemakkelijk is terug te winnen, waarna het kan worden hergebruikt.

In de industriële uitvoering van het proces wordt na afloop van de om-estering water aan het reactiemengsel toegevoegd. Daardoor gaan de micellen kapot en ontstaan twee vloeistoflagen: een organische laag en een waterige laag. De emulgator blijft volledig op te lossen in de organische laag. De waterige laag is de suspensie van het lipase, gebonden aan de vaste drager. De vloeistoflagen kunnen gemakkelijk van elkaar worden gescheiden.

Het stearinezuur dat voor de om-esteringsreactie nodig is, verkrijgt men door volledige hydrolyse van een dierlijk vet (S - S - S).

De gehele om-estering kan in een continuproces worden uitgevoerd. Hieronder is zo'n continuproces in een blokschema weergegeven. Dit blokschema is ook afgebeeld op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.

blokschema



In reactor 1 vindt volledige hydrolyse van dierlijk vet (S - S - S) plaats.

In scheiding 1 worden de reactieproducten van deze hydrolyse volledig van elkaar gescheiden. Van scheiding 1 wordt dus uitsluitend stearinezuur naar reactor 2 getransporteerd.

In reactor 2 vindt de eigenlijke om-esteringsreactie plaats.

Scheiding 2 is de scheiding van de waterige laag en de organische laag.

In scheiding 3 wordt door filtratie de vaste drager met het lipase uit de waterige laag gehaald.

Het blokschema is niet volledig. De stofstromen waar water bij hoort te staan, ontbreken.

1p 14 Geef de naam van de stof X die uit scheiding 1 komt.

4p 15 Teken in het blokschema op de uitwerkbijlage alleen de ontbrekende stofstromen voor het water. Bedenk daarbij dat de fabriek ernaar streeft zo weinig mogelijk water te verbruiken. Zet geen bijschriften bij de stofstromen tussen reactor 2 en scheiding 2, tussen scheiding 2 en scheiding 3 en tussen scheiding 2 en scheiding 4.

uitwerkbijlage

15

